Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.	36	185–196	München, 15. 12. 1996

Ein verkieseltes Gymnospermenholz mit Fraßgängen von *Teredo* aus La Calamine (Belgien)

Von ALFRED SELMEIER *)

Mit 7 Abbildungen

Kurzfassung

Ein Kieselholz aus der Oberen Kreide von La Calamine, Belgien, ist von zahlreichen Fraßgängen der Bohrmuschel *Teredo* durchlöchert. Die Dünnschliffe zeigen ein stark abgebautes Gymnospermenholz. Proben aus der Füllsubstanz der Bohrgänge wurden qualitativ (EDS) und quantitativ (ICP) untersucht.

Abstract

A silicified wood from La Calamine, Belgium, has holes and ducts bored by wood-eating *Teredo* bivalves. The microscopic structure of the gymnosperm wood is poorly preserved. Material from the *Teredo* boreholes has been tested qualitatively (EDS) and quantitatively (ICP).

Inhalt

1. Einleitung

Über fossile Holzreste aus dem Gebiet südwestlich von Aachen, Alter obere Kreide, wird in jüngster Zeit mehrfach berichtet (DERNBACH 1996; GAIPI 1996; RICHTER 1995). Übereinstimmend verweisen diese Autoren auf den Befall der Hölzer durch die Bohrmuschel *Teredo*: DERNBACH (die kleinen Äste und Stämme sind von verschieden großen Fraßgängen durch-

*) c/o Institut für Paläontologie und historische Geologie der Universität,
Richard-Wagner-Straße 10, D-80333 München

lochert), GAIPL (verkieseltes Holz zeigt sehr oft Spuren von Bohrmuscheln), RICHTER (bizarr geformtes Holz mit *Teredo*-Löchern und Astansätzen). Nach DERNBACH (1996) sind bei manchen Hölzern die Fraßgänge mit tiefblauen Calcedonen oder Achaten ausgefüllt. Die zahlreichen Holzfunde der Aachener Sande sind, soweit aus der Literatur ersichtlich, bis heute anatomisch unbearbeitet geblieben. Ein Kieselholz mit *Teredo*-Befall, aufbewahrt in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, stammt laut Etikett ebenfalls aus der Oberen Kreide südwestlich von Aachen. Es wird nachfolgend anhand von Dünnschliffen beschrieben.

2. Das Gymnospermenholz
(Abb. 1 - 4)

2.1 Anatomische Merkmale

Material: 5 Dünnschliffe auf 3 Objektträgern., Fläche der Schliffe maximal 1,2 x 3,2 cm. Fund-, Handstücke und Dünnschliffe werden in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, München, aufbewahrt, BSP 1987 I 131; ded. Prof. Dr. H. H. SCHLEICH, München.

Alter: Obere Kreide, oberes Santon (unteres Campan); Aachener Sande.

Mikroskopie

Die am Fundstück bereits makroskopisch erkennbare Gymnospermen-Struktur wird bei mikroskopischer Untersuchung der Dünnschliffe bestätigt. Das Holz ist in seiner anatomischen Struktur schlecht erhalten.



Abb. 1: Kieselholz mit Bohrlöchern von *Teredo sp.*, Inventar-Nr. BSP 1987 I 131.



Abb. 2: Anschliff, quer. Bohrgänge von *Teredo* mit Füllsubstanz; Inventar-Nr. 1987 I 131.

Zuwachszonen fehlen. Abgeflachte, dickwandige Tracheiden als Begrenzungslinien von Wachstumszonen konnten weder mit Lupe noch im Mikroskop gefunden werden.

Tracheiden in radialen Reihen, (1) - 3 - 6 - (14) Tracheidenreihen zwischen zwei Holzstrahlen, Tracheiden im Querschnitt rundlich oval, daneben auch polygonal, Durchmesser radial maximal bis 40 µm, im Querschliff 1780 - 1920 Tracheiden je mm^2. Die Tracheiden sind auf den Längsschliffen ohne Tüpfel.

Axiales Parenchym ist nicht erkennbar.

Holzstrahlen einreihig, niedrig, nur 2-7stöckig, nur aus Parenchymzellen bestehend (?), Kreuzungsfeld - Tüpfel nicht mehr erhalten; tangential 7-11 Holzstrahlen je mm.

B e u r t e i l u n g : Sekundärholz einer Gymnosperme. Die für eine xylem-anatomische Bestimmung der pyknoxylen Holzstruktur erforderlichen Merkmale sind an den vorliegenden Dünnschliffen nicht mehr erhalten. Die Bestimmung einer Familie oder einer Gattung ist bei Gymnospermen ohne das anatomische Merkmal „Form der Kreuzungsfeld-Tüpfel", sichtbar im Radialbild, nicht möglich. Um den wertvollen Fossilrest zu schonen, wurden zusätzliche Schliffe nicht angefertigt.

2.2 F r a ß g ä n g e v o n *T e r e d o*

Das Kieselholz, Gewicht etwa 1 kg, Umfang 36 cm, ist allseitig von Bohrlöchern und Bohrgängen durchsetzt. Der Durchmesser der Bohrlöcher beträgt etwa (3) - 5 - 8 mm, eine breitere Gangfüllung mißt 11 mm. Die Bohrgänge verlaufen nur teilweise zellaxial, d. h. achsenparalell zur vertikalen Orientierung der Tracheiden. Die Füllsubstanz der Löcher und der angeschnittenen Gänge ist gegenüber dem äußerlich hellen, etwas gelblichen Gymnospermenholz deutlich braun bis rötlich gefärbt. Der reale Anteil der Bohrgänge



Abb. 3: Querschliff. Gymnospermenholz und Teil eines zellaxialen Bohrganges mit Füllsubstanz. - × 55.

wechselt innerhalb der angeschnittenen (Holz)-Fossilflächen. Es sind, je nach einsehbarer Stelle der Querschnitte, 30 - 55 - (80) % der Holzsubstanz von Bohrgängen durchzogen.

Wurde das Holz aus La Calamine vor der Verkieselung von Bohrmuscheln aus der Familie der Teredinidae befallen? Die Frage ist berechtigt, da grundsätzlich verschiedenste holzzerstörende Meerestiere in Frage kommen. Vergleicht man jedoch die typischen Querschnittsformen und die räumliche Gestalt der Bohrgänge aller wichtigen holzzerstörenden Meerestiere (*Limnoria*, *Martesia*, *Sphaeroma*, *Teredo*), so kommt nur die Bohrmuschel *Teredo* in Frage. Die Bohrgänge von *Limnoria*, *Martesia* und *Sphaeroma* sehen erheblich anders aus.

Der Angriff durch Bohrmuscheln begann mit der Lagerung des Holzes im salzhaltigen Wasser des damaligen Kreidemeeres. Aus der Dichte und dem Durchmesser der Fraßgänge läßt sich nach GOTTWALD (1992: 81; Taf. 1, Fig. 1) die zeitliche Dauer des Befalls „berechnen". Für das erforderliche Wachstum von *Teredo navalis* kommen etwa 12 - 36 Monate in Frage.

GOTTWALD (1982) berücksichtigt für die eozänen Hölzer aus Helmstedt alle biologisch erforderlichen Minimal- und Maximalzeiten für den Befall durch Bohrmuscheln, Pilze und

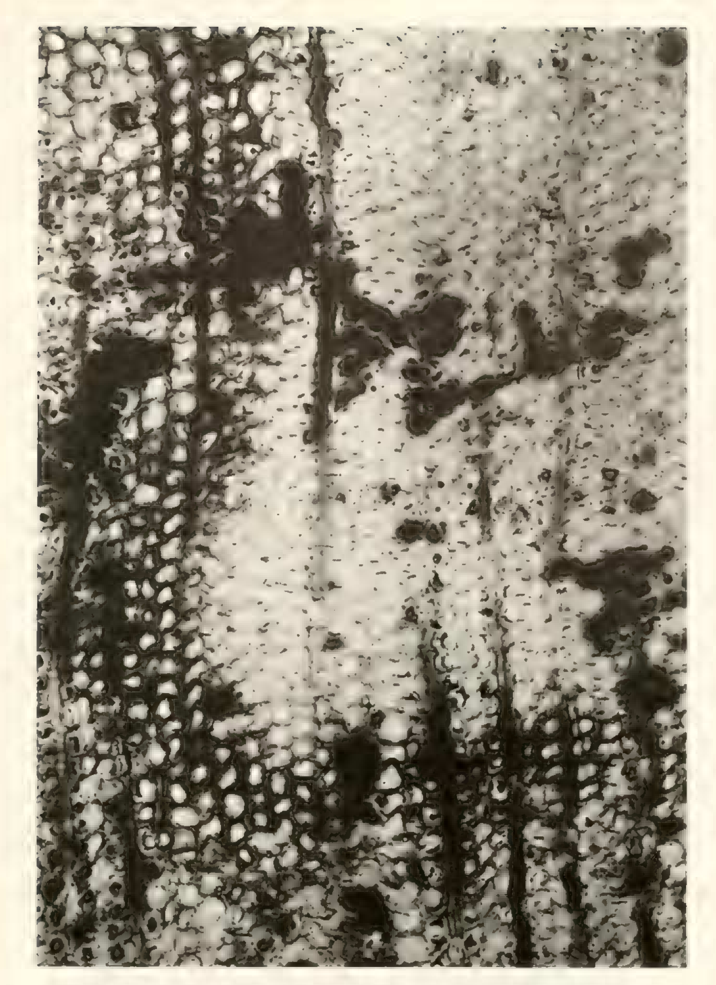


Abb. 4: Querschliff. Gymnospermenholz mit radialen Tracheidenreihen und einreihigen Holzstrahlen. - × 125.

Insekten. Unter dieser Voraussetzung können zwischen dem Abbrechen (Entwurzelung) und dem frühesten Beginn der Mineralisierung etwa 65 Monate angesetzt werden. Für die Befallsdauer durch Bohrmuscheln beim vorliegenden Treibholz aus La Calmine kann eine ähnlich lange Zeitdauer vermutet werden.

Füllmaterial der Bohrgänge

Kontrolliert wurden unterschiedliche Proben eines Bohrganges im Rasterelektronenmikroskop. Die häufigsten Bilder sind mehr oder weniger amorphe Strukturen (Abb. 5). Bei einer Probe wird vermutet, daß eventuell abgeraspelte Holzzellen (Nadelholztracheiden) im Bohrgang erhalten geblieben sind (Abb. 6). Ob es sich um unverdaut ausgeschiedene Zellen handelt, ist schwer beurteilbar.

Einige Proben der Füllsubstanz wurden qualitativ mit EDS (Energy dispersive analysis spectroscopy) untersucht. Si bildet mit großem Abstand das Maximum der Line markers

(peaks), ergänzt durch einen sehr geringen Anteil an Fe und Al. Die EDS-Methode erfaßt die Elemente erst ab der Kernladungszahl von Fluor (9). Somit bleiben Sauerstoff (Oxide) und C unberücksichtigt.



Abb. 5: Probe aus der Füllsubstanz eines Bohrganges im Rasterelektronenmikroskop; Maßstab 10 µm. - × 1000



Abb. 6: Probe aus der Füllsubstanz eines Bohrganges im Rasterelektronenmikroskop. ? Abgeraspelte Tracheidenzellen des Gymnospermenholzes; Maßstab 10 µm. - × 1200.

Zusätzlich wurden Proben der Füllsubstanz eines Bohrganges mit ICP (Inductively coupled plasma spectrometry) geochemisch quantitativ untersucht (POTTS et al. 1995).

Methodisches: 0,5 g der pulverisierten Füllsubstanz wird mit 6 ml HF (40 %) und 4 ml HNO_3 (60 %) in einem Druckautoklaven 8 Std./180°C aufgeschlossen.

Die Probe wird abgeraucht und mit 50 ml einer 1,75 molaren HCl aufgenommen (Verdünnung 1 : 100). - Für die prozentualen Werte wurden neun Elemente als Oxide umgerechnet.

SiO_2	60,50 %	CaO	1,2 %
Al_2O_3	19 %	K_2O	0,9 %
FeO	4,3 %	TiO_2	0,85 %
MgO	2,3 %	Fe_2O_3	0,80 %
Na_2O	1,3 %	MnO	0,052 %
Ba	700 ppm	Y	39 ppm
Cu	460 ppm	Co	16 ppm
Cr	280 ppm	Pb	8 ppm
Sr	88 ppm	Sn	6 ppm
Ni	40 ppm	Cd	4,8 ppm
		Sb	3,4 ppm

Fossile Hölzer mit Fraßgängen von *Teredo* sp.

Vermutlich eine der ersten Abbildungen eines fossilen „*Teredo*-Holzes" stammt von MANTELL (1844, p. 168). Über ein Koniferenholz in Kiesel Konkretionen (Flint) mit *Teredo*-Löchern aus der Kreide von Croydon berichtet SEWARD (1898: 61 - 62, Fig. 8): The wood must have floated for some time before it became water-logged and sank to the sea-flor (Cretaceous sea). Zeitlich etwas früher beschreibt VATER (1884: 790-791) den *Teredo*-Befall an 120 Phosphorit-Hölzern aus Harzburg wie folgt: „Die Hölzer sind sammtlich von zahlreichen, 2 - 6 mm breiten Bohrlochern durchzogen, welche den durch Insectenlarven hervorgebrachten Gangen nicht ahneln, wohl aber vollkommen den Bohrlöchern der recenten Treibhölzer gleichen. Es haben demnach die Phosphorithölzer vom Nordharz vor ihrer Versteinerung im Meere gelegen."

Aus jüngster Zeit liegen ähnliche Beobachtungen bei den eozänen Phosphorit-Hölzern aus Helmstedt vor. Prof. GOTTWALD nimmt als mögliche Lagerzeiten zwischen Abbrechen oder Entwurzelung der eozänen Bäume und dem frühesten Zeitpunkt der Mineralisierung dieser Holzreste 48 - 84 Monate an.

Teredo-Befall ist in Europa ferner an Geschiebehölzern der norddeutschen Tiefebene sowie an Tertiärhölzern aus Bayern und Österreich gelegentlich zu beobachten. Eine Auflistung und Untersuchung aller in Europa oder weltweit gefundenen fossilen „*Teredo*-Hölzer" fehlt bis heute. Die zukünftige Bearbeitung müßte Fund- und Aufbewahrungsorte, geologisches Alter, anatomische Holzbestimmung und Literatur berücksichtigen.

3. Holzzerstörende Bohrmuscheln

Die wichtigsten tierischen Holzzerstörer im Meerwasser sind „Bohrmuscheln" der Familien Pholadidae und Teredinidae, ferner Krebse der Ordnung Isopoda (Asseln). Die Bekämpfung der tierischen Meeres Holzschädlinge und somit die Erhaltung des Holzes im Meerwasser durch künstliche Maßnahmen hat eine außerordentlich große wirtschaftliche Bedeutung (Brückenanlagen, Schiffe). Bis heute liegen etwa 130 Fachpublikationen vor, die über (experimentelle) Untersuchungen an holzzerstörenden Tieren und über entsprechende Maßnahmen des Holzschutzes berichten. Die folgende Übersicht berücksichtigt nur die im Meerwasser lebenden holzzerstörenden Muscheln.

Wichtige Lebenserscheinungen holzzerstörender Muscheln (Nach G. BECKER).

Familien	Pholadidae	Teredinidae
Gattungen	*Martesia*	*Teredo*, *Bankia*, *Nausitora*
Verbreitung	Tropen bis Subtropen	alle Meere
Situation der Tiere im Holz	fest eingeschlosssen	fest angewachsen
Neuer Befall des Holzes	frei schwimmende Larven	
Ernährung im Holz	Plankton, kein Holz	Holz und Plankton
Bei niedrigem Salzgehalt	widerstandsfähig	Verschluß der Bohrgänge durch Paletten

Die Bohrmuschel *Teredo* sp.

Literatur: BAVENDAMM (1974); BAVENDAMM & ROCH (1970); BECKER (1938, 1958); GRZIMEK (1979); HEINZE (1983); MULLER (1980); REMANE (1980).

Körperbau (Abb. 7): Die Tiere sind an die bohrende Lebensweise hervorragend angepaßt (Teredon, griech. - ein nagender Wurm im Holz). Die Fraßgänge erreichen einen von außen

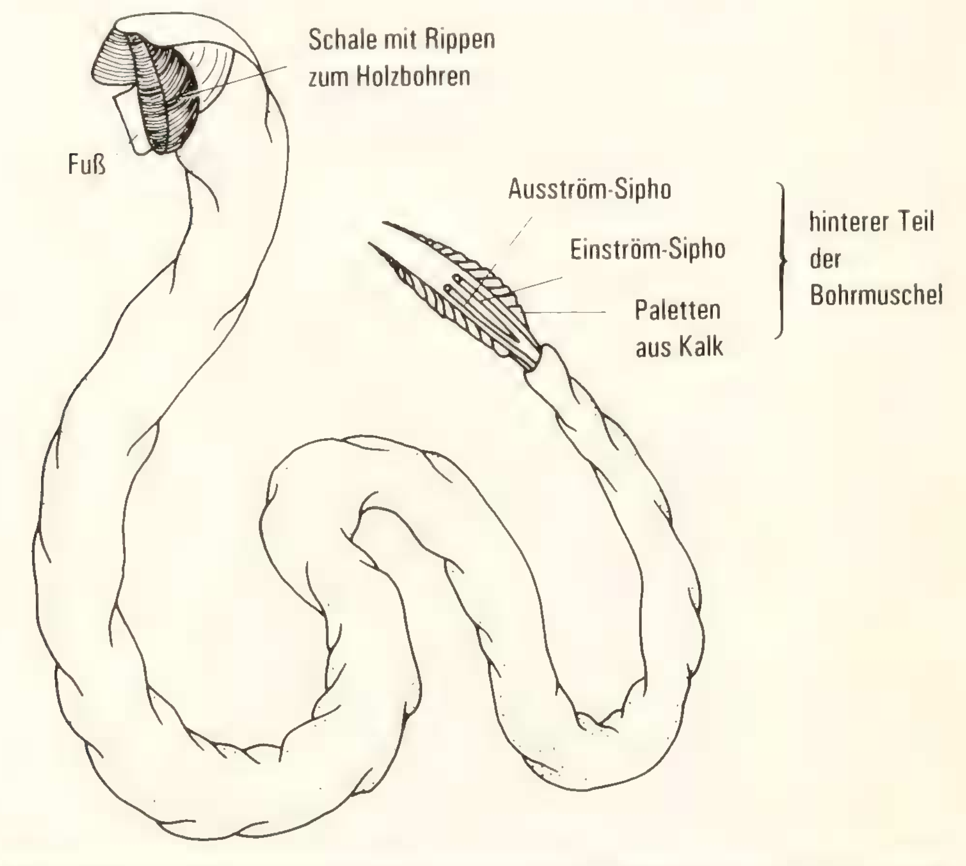


Abb. 7: Schema des Korperbaus einer Teredinidae. - Zeichnung K. DOSSOW (Nach R. D. TURNER; HEINZE 1983).

nach innen zunehmenden Durchmesser. Mit einer napfartigen Drüse erzeugt das Tier eine dünne Kalkschicht, mit der die Fraßgänge tapetenartig belegt werden. Die (Reib-)Schalen am Vorderende, ausgestattet mit feilenähnlichen Rippen und Zähnchen, sind als Gelenkkopf zum Bohren beweglich. Als Bohrwerkzeuge umgeben sie ringförmig das Vorderende der wurmförmigen Muschel. Röhrig verlängerte Ein- und Ausfuhröffungen bilden das Körperende und stellen den Kontakt zum Meerwasser her. Sinkt der Salzgehalt unter den kritischen Wert, Toleranzbereich etwa 9‰ -3‰, so werden die Siphonen eingezogen und der Bohrgang mit kalkigen Paletten (Skelettplättchen) verschlossen.

L e b e n s w e i s e : Die Bohrmuschel der Gattung *Teredo* scheidet als echter Holzfresser geformte Kotpartikel aus. Die Muschel ernährt sich von abgeraspeltem Holz, zusätzlich auch von eingestrudeltem Plankton. Die Tiere leben meist nur einen Sommer. Teilweise ermöglicht Kältestarre das Überleben im Winter. Die *Teredo*-Fraßgänge sind 20 - 30 (80) cm lang, Durchmesser 5-10 mm. Zur Auflösung der Holzbestandteile (Cellulose, Hemicellulose, Lignin) produziert die Muschel mit Hilfe symbiontischer Bakterien das substratspezifische Enzym Cellulase. Etwa 80% der Cellulose und 50 % der Hemicellulose können verwertet werden. Das mechanische Vordringen im nassen Holz erfolgt durch das Bohren der gelenkbeweglichen Schalen am Vorderende der wurmartigen Muschel (Abb. 7). Die abgeschabten Holzteilchen werden durch Wimpern zur Mundöffnung transportiert. Durch eine spezielle Thigmotaxis wird weitgehend verhindert, daß die Tiere ihre Fraßgänge gegenseitig anschneiden und sich somit begegnen würden. Natürliche Feinde (Borstenwürmer, Bohrasseln) beeinträchtigen die Holzzerstörer aufgrund ihrer massenhaften Vermehrung nur wenig. Vermutlich können holzbewohnende Meerespilze die frei umherschwimmenden Larven vor ihrer Metamorphose anlocken.

4. Fossile Hölzer mit Löchern

Über fossile Hölzer mit aufallenden „Löchern" wird in der Literatur seit über 150 Jahren berichtet. Je nach Form und Aussehen der Löcher und Gänge kommen in Kombination mit den anatomischen Merkmalen des Fossilrestes (Nadel-, Laubhholz, Palmen) verschiedene Ursachen in Frage:

a) Befall durch Insekten

Insekten oder deren Larven verursachen Fluglöcher, Fraßgänge, Fraßspuren und Kotpillen; Insektenordnungen: Coleoptera (Käfer), Diptera (Zweiflügler), Formicidae (Ameisen), Isoptera (Termiten). Einige Beispiele: Bohrgänge von *Anobichnium simile* in einem Keuperholz (LINCK 1949); *Anobium* sp. in einem Lorbeerholz (SELMEIER 1984); fossiler Termitenfraß an Nadelholzresten (SCHULTZE-DEWITZ & SÜSS 1988); dreifach verschiedener Insektenbefall (GOTTWALD 1992).

b) Befall durch Bohrmuscheln

Beispiele: MANTELL (1844); BRONGIART (1877); VATER (1884); SEWARD (1898); GOTTWALD (1992); RICHTER (1995); SELMEIER (1995); GAIPL (1996).

c) Canaliculatus Struktur

Die wurmähnlichen, meist „leeren" Gänge oder Löcher der verkieselten Palmenstämme sind erst beim Vorgang der Versteinerung entstanden. Die monomolekular gelöste Kieselsäure konnte das zarte Parenchymgewebe der Stammreste ausreichend durchtränken, nicht jedoch die verstreut und isoliert im Parenchym eingebetteten axial verlaufenden Leitbündelstränge. Die nicht von Kieselsäure durchdränkten Leitbündel sind daher meist zerstört und ausgefault.

Es entstanden häufig Löcher und Gänge, die sog. Canaliculatus-Struktur, ein typisches Merkmal bei vielen versteinerten Palmen-„Holzern". Obwohl allgemein als Palmenholz bezeichnet, handelt es sich beim Stamm der Palmen bekanntlich nicht um sekundäres Xylem (Holz) mit Zuwachszonen.

5. Flora der Aachener Oberkreide

Ab der Oberen Kreide im Cenoman, beginnend im Apt und Alb, erfolgte weltweit eine rasche Entfaltung und Radiation der Angiospermen. Gegenüber den Pteridophyten und Gymnospermen wurden die Angiospermen (Laubbaume, Blutenpflanzen) zum dominierenden Element der Vegetation. Pflanzliche Fossilfunde aus der Kreide, besonders auch strukturbietende Kieselhölzer, beanspruchen daher stets besonderes Interesse.

Uber urweltliche Pflanzenreste, teils in Bohrkernen der Aachener Kreideschichten entdeckt, haben bereits DEBEY (1848) und KRÄUSEL (1923) berichtet. Heute werden im Gebiet der Aachener Kreide nach Information ortskundiger Geologen immer mehr Sandgruben geschlossen. Die Bergung neuer Fossilreste ist somit zunehmend eingeschränkt.

Nach GAIPL (1996) existieren jedoch mehrere reichhaltige kreidezeitliche Aufsammlungen aus dem Großraum Aachen: R. GAIPL (Fundgebiet Alsdorf), H. KNOLL (Fundgebiet Alsdorf), H. LAHAYE (Fundgebiet Vaals, Niederlande), H. MADERITSCH (Fundgebiet Stolberg), P. SIMONS (Fundgebiet Kelmis/La Calamine, Belgien). Gefunden wurden u.a. verkieseltes Holz „der verschiedenen Nadel- und Laubbäume" (GAIPL 1996: 84), ferner Blätter, Blattabdrücke mit Kutikeln, Fruchte, Fruchtbecher, Zapfen und Zweige. Die Sandgrube Hauset, Belgien, soll zusatzlich genannt werden. Sie lieferte „jahrelang schone Holzer, mitunter auch Zapten von Gymnospermen" (RICHTER 1995). Die Hölzer aus Hauset, relativ porös und angewittert, zeigen haufig bizarre Formen und gelten als attraktive Sammlungsstucke. Eine wissenschaftliche Bearbeitung des Materials der erwähnten Sammlungen ist nach GAIPL (1996) durch Herrn Dr. H.-J. GREGOR und Mitarbeiter vorgesehen.

Verkieselte, kohlige oder pyritisierte Holzreste, Nadeln, Wurzeln, Zweigbruchstücke, Zapfen, Fruchte, Kupulen, Samen, Blatter und Kutikeln werden aus dem Verbreitungsgebiet der Aachener Sande in der Literatur mehrfach erwähnt, abgebildet und teils ausführlich beschrieben. Beispiele: *Araucaria* sp., *Elatocladus elegans* (CORDA) SEWARD; *Sequoia* sp., ? *Betula* sp. (KRAUSEL 1923); eine Konifere, *Aachenia debeyi*, verwandschaftlich nicht näher eingrenzbar (KNOBLOCH 1972, 1984; KNOBLOCH & MAI 1984); farnahnliche Wedel, *Credneria triacuminata*, *Dicotylophyllum*, cf. *Aralia* sp., sowie *Sassafras*-ähnliche Blätter, verkieselte Zapfen in Sand-Limonit Matrix, ferner Flügelfruchte und mehrfachrige Fruchtstande (GAIPL 1996). Alle Bearbeiter weisen darauf hin, daß die Erhaltung der Fossilreste für eine gesicherte Bestimmung meist unzureichend ist. Die „Aachener Sande" werden vielfach als Reste einer Strand und Dunenformation gedeutet. In den zeitweise überfluteten Strandgebieten konnte sich vermutlich eine reiche Vegetation entfalten.

Fossile Hölzer aus der Aachener Oberkreide sind bisher, soweit aus der Literatur ersichtlich, xylem-anatomisch nicht bearbeitet. Bis heute wurde offensichtlich noch kein Holzfund aus den Aachener Sanden anatomisch bestimmt und publiziert. Eventuell ist die ungenugende Erhaltung der mikroskopischen Holzstruktur ein Grund dafur, daß anatomische Bestimmungen anhand von Dünnschliffen/(Peel-Methode) bisher nicht erfolgten. Der Hinweis auf verschiedene „Nadel- und Laubbaume" (GAIPL 1996) beruht vermutlich auf einer makroskopischen Identifizierung.

6. Dank

Frau M. WERNER danke ich für die Aufnahmen am Rasterelektronenmikroskop, Frau E. BÖCK für die ICP-Analyse der Proben aus den Fraßgängen. Herr H. MERTEL hat die Dünnschliffe angefertigt. Filmentwicklung und Bildabzuge ubernahm Herr R. R. ROSIN, die Zeichnung Herr K. DOSSOW. Allen Genannten gilt herzlicher Dank.

Herrn Dr. UWE NOLDT, Bundesforschungsanstalt fur Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, danke ich für einen fachlichen Hinweis. Anstelle des Namens *Teredo* wäre Teredinidae bei einigen Formulierungen zutreffender gewesen.

7. Schriftenverzeichnis

BAVENDAMM, W. (1974): Die Holzschäden und ihre Verhütung. - 131 S., 50 Abb., 3 Tab.; Stuttgart (Wiss. Verlagsges.).

BAVENDAMM, W. & ROCH, F. (1970): Untersuchungen über die natürliche Resistenz von Tropenhölzern gegen Meerwasserschädlinge. - Holz als Roh- und Werkstoff, **28**: 105-117, 12 Abb., 2 Tab.; Berlin.

BECKER, G. (1938): Die Bohrmuschel *Teredo*, der gefährlichste Holzzerstörer an deutschen Küsten. - Holz als Roh- und Werkstoff, **1**: 249-254, 6 Abb.; Berlin.

BECKER, G. (1958): Holzzerstörende Tiere und Holzschutz im Meerwasser. - Holz als Roh- und Werkstoff, **16**: 204-215, 14 Abb., 2 Tab.; Berlin.

BRONGNIART, C. (1877): Note sur des perforations observées dans deux morceaux de bois fossile. - In: Ann soc. Entom. France, **5**: 215-220; Paris.

DEBEY, M. H. (1848): Übersicht der urweltlichen Pflanzenreste des Kreidegebirges überhaupt und der Aachener Kreideschichten im Besonderen. - Verh. naturh. Ver. preuß. Rheinl., **1848**: 113-125; Bonn.

DERNBACH, U. (1996): Der versteinerte Wald von La Calamine. - In: DERNBACH, U. (Hrsg.) et al.: Versteinerte Wälder. Die 31 schönsten versteinerten Wälder der Erde. - 188 S.; Heppenheim (D'ORO Verlag).

GAIPL, R. (1996): Pflanzen aus der Aachener Kreide. - Fossilien, **2**: 84-88, 13 Abb.; Korb.

GOTTWALD, H. (1992): Hölzer aus marinen Sanden des Oberen Eozän von Helmstedt (Niedersachsen). - Palaeontographica, B, **225**: 27-103, 2 Abb., 2 Tab., 20 Taf.; Stuttgart.

GRZIMEK, B. (1979): Grzimeks Tierleben. Weichtiere, Stachelhäuter, Bd. 3. - 546 S.; München (dtv).

HEINZE, K. (1983): Leitfaden der Schädlingsbekämpfung, IV. - 348 S., 152 Abb., 13 Tab.: Stuttgart (Wiss. Verlagsges.)

KNOBLOCH, E. (1972): *Aachenia debeyi* n. g. n. sp. - eine neue Konifere aus dem Senon von Aachen. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **7**: 400-406, 10 Abb.; Stuttgart.

KNOBLOCH, E. (1984): Fossile Früchte und Samen. - Fossilien, **1**: 49-96, 10 Abb.; Korb.

KNOBLOCH, E. & MAI, H. D. (1984): Neue Gattungen nach Früchten und Samen aus dem Cenoman bis Maastricht (Kreide) von Mitteleuropa. - Feddes Rep., **95**: 3-41, 20 Abb., 16 Taf.; Berlin.

KRÄUSEL, R., (Beitr.) JONGMANS, W. J. (1923): Über pflanzenführende Kreideschichten aus der Umgebung von Heerlen (Holländ. Limburg) und die Verbreitung des Aachener Sandes in den südlichen Niederlanden. - Senckenbergiana, **V**: 145-154, 1 Taf.; Frankfurt a. M.

LINCK, O. (1949): Fossile Bohrgänge (*Anobichnium simile* n. g. n. sp.) an einem Keuperholz. -N. Jb. Min. etc., Mh., B., **1949**: 180-185, 2 Abb.; Stuttgart.

MANTELL, G. (1844): Medals of Creation, **I**. - 456 p., 99 figs.; London.

MULLER, A. H. (1980): Lehrbuch der Paläozoologie, Bd. II, Invertebraten, Teil 1, Protozoa-Mollusca. - 3. Aufl., 628 S.; Jena (G. Fischer).

POTTS, P. J. et al. (1995): Microprobe Techniques in the Earth Sciences. - 419 p., numerous figs. and tabs.; London etc. (Chapman & Hall).

REMANE, A. et al. (1980): Systematische Zoologie. - 682 S.; Stuttgart (G. Fischer).

RICHTER, A. E. (1995): Bizarres Holz aus den Aachener Sanden.- Fossilien, **4**: 198-199, 1 Abb.; Korb.

SCHULTZE-DEWITZ, G. & SÜSS, H. (1988): Fossiler Termitenfraß an Holzresten aus dem Tertiär von Stare Sedlo (CSSR). - Z. geol Wiss., **16**: 169-173, 3 Abb., 1 Tab.; Berlin.

Selmeier, A. (1984): Fossile Bohrgänge von *Anobium* sp. in einem jungtertiären Lorbeerholz aus Egweil (Südliche Frankenalb). - Archaeopteryx, **1984**: 13-29, 14 Abb.; Eichstätt.

Selmeier, A. (1995): Fossile Hölzer mit *Teredo*-Befall. - Fossilien, **1**: 55 - 57, 3 Abb.; Korb.

Seward, A. C. (1898): Fossil plants, I. - 452 p., 111 figs.; Cambridge (Univ. Press).

Vater, H. (1884): Die fossilen Hölzer der Phosphoritlager des Herzogthums Braunschweig. - Z. dtsch. geol. Ges., **36**: 783 - 853, 2 Taf.; Berlin (W. Hertz).